

明細書

電動パワーステアリング装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータの駆動力を歯車を介して、上方にステアリングホイールを備える操舵軸に伝達することにより運転者の操舵を補助する電動パワーステアリング装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 電動パワーステアリング装置においては、モータの駆動力がモータの出力軸に設けられた小歯車及びこれに噛合する大歯車を介して、大歯車が設けられている操舵軸に減速伝達され、操舵軸の回転運動が補助される。小歯車及び大歯車としては、電動パワーステアリング装置を小型化するために、ウォーム歯車に比べて動力伝達効率の高い平歯車、又は、はすば歯車等が用いられている(特許文献1)。動力伝達効率の高い歯車を用いることにより、操舵補助に必要なモータの出力が小さくなり、モータの小型化を図ることができる。平歯車等を用いた場合、操舵軸と出力軸とは略平行になる。

[0003] 近年、前記電動パワーステアリング装置を更に小型化すべく、1組の歯車を用いて操舵補助に必要な減速比を保つつつ、大歯車を可能な限り小型化し、且つ実用に供し得る歯車強度を確保することが可能となる特殊理論歯車を備える電動パワーステアリング装置が提案されている(特許文献2)。特殊理論歯車は、歯形曲線の曲率が歯丈方向に周期的に増減する連続且つ微分可能な関数であることを特徴とする歯車である。

[0004] 特殊理論歯車を備える電動パワーステアリング装置において、実用に供し得る歯車強度を確保するためには、歯車を高精度で加工し、ハウジングに収容した各歯車間の軸間距離を高精度に保つ必要がある。

[0005] また、歯車が円滑に回転するためには、歯面間に適度なバックラッシをもたせる必要がある。つまり、バックラッシが大きすぎる場合、歯面同士の衝突による大きな噛合騒音が発生するバックラッシ騒音の問題が生じ、バックラッシが小さすぎる場合、歯車

は円滑に回転しないといった問題が生じる。この問題を解決するためには、ハウジングに収容した各歯車の軸間距離を一定に保つ必要がある。

- [0006] 従来、操舵軸及び出力軸を同一ハウジング内に収容し、更に所定の間隔を有する2つの孔を設けたガイドプレートを操舵軸及び出力軸に嵌入することにより、操舵軸及び出力軸を略平行に保ち、これらの問題を解決していた。
- [0007] より具体的には、まず操舵軸を2つの転がり軸受を介してハウジング内に収容し、該操舵軸と出力軸とがおよそ平行になるように、モータ及び出力軸を前記ハウジングに収容する。この段階において、操舵軸に設けた大歯車と出力軸に設けた小歯車との軸間距離は高精度で一定とはなっていない。次に、前記ガイドプレートに設けた一方の孔に操舵軸を回転可能に嵌入し、他方の孔にモータの出力軸を回転可能に嵌入する。そして、ガイドプレートが出力軸端部に位置するように、Cリングを出力軸又は操舵軸に取り付ける。ガイドプレートが軸方向に移動する力を受けた場合であっても、Cリングが留め具として働き、ガイドプレートは出力軸に沿って移動せず、出力軸端部から抜け落ちない。
- [0008] このようにして製造される電動パワーステアリング装置においては、大歯車及び小歯車の軸間距離を高精度に保つことが可能となる。即ち、ガイドプレートに設けた2つの孔が有する寸法誤差の範囲内で各歯車の軸間距離を一定に保つことが可能となり、実用に供し得る歯車強度を確保し、バックラッシ騒音の問題を解決することが可能となる。

特許文献1:実開昭62-144773号公報

特許文献2:特開平11-124045号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0009] しかしながら、従来の構成においては、電動パワーステアリング装置を長期間使用した場合、各歯車の軸間距離を高精度に保つことができず、十分な歯車強度を確保し、各歯車のバックラッシを適切に保つことができないという問題があった。つまり、従来の構成においては、各歯車間の軸間距離を高精度に保つためにガイドプレートに設けた孔と出力軸及び操舵軸とは強く接触している状態にあり、電動パワーステアリ

ング装置を長期間使用した場合、操舵軸及び出力軸の回転により孔が摩耗し、変形することは避けられない。従って、孔の摩耗により大歯車及び小歯車の軸間距離を高精度に保てなくなり、設計段階において想定される歯車強度を維持することができなくなる。また、同様の理由により、各歯車のバックラッシュを適切に保つことができなくなる。

- [0010] また、特殊理論歯車は特殊な歯面形状を有しているため、既存の汎用設備を用いて歯車を加工できず、また歯車の加工精度を効率的に検査することができないという問題があった。
- [0011] 本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、大歯車及び小歯車の軸間距離を一定に保ち、各歯車の歯車強度、及び各歯車の適度なバックラッシュを確保することを可能とし、また電動パワーステアリング装置を長期間使用した場合であっても、各歯車の歯車強度及び適度なバックラッシュを維持することを可能とする電動パワーステアリング装置の製造方法を提供することを目的とする。
- [0012] また本発明は、一対の平歯車、又は、はすば歯車で構成された場合であっても所定の減速比を実現し、簡易な構造で十分な歯車強度を確保することを可能とする電動パワーステアリング装置の提供他の目的とする。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明に係る電動パワーステアリング装置の製造方法は、モータの駆動力を、該モータの出力軸に設けられた小歯車及び該小歯車に噛合する大歯車を介して、該大歯車を設けた操舵軸に伝達することにより操舵補助を行い、前記操舵軸及び前記出力軸を収容する第1及び第2ハウジングを備え、該第2ハウジングは前記第1ハウジングに取り付けられている電動パワーステアリング装置の製造方法において、前記第1ハウジングに対する前記第2ハウジングの取り付け位置を所定位置に合わせる位置決め手段により前記所定位置に合わせた状態で前記第1ハウジングに前記第2ハウジングを仮に取り付け、前記第1ハウジング及び前記第2ハウジング夫々に前記操舵軸を支持する操舵軸支持部及び前記出力軸を前記操舵軸に略平行に支持する出力軸支持部を設け、前記第1ハウジングから前記第2ハウジングを取り外し、前記操舵軸支持部及び前記出力軸支持部に前記操舵軸及び前記出力軸を軸受を介装し

て支持させ、前記位置決め手段により前記所定位置に合わせて前記第1ハウジングに前記第2ハウジングを取り付けることを特徴とする。

- [0014] 本発明にあっては、位置決め手段により、第1ハウジングに対する第2ハウジングの取り付け位置を所定位置に合わせることができるため、前記所定位置に合わせた状態で第1ハウジングに第2ハウジングを取り付け、第1ハウジング及び第2ハウジング夫々に操舵軸支持部及び出力軸支持部を設けた後、操舵軸及び出力軸を各ハウジングに収容するために第2ハウジングを第1ハウジングから取り外した場合であっても、再び、位置決め手段により第1ハウジングに対する第2ハウジングの相対位置を前記所定位置に合わせ、第1ハウジングに第2ハウジングを取り付けることができる。従って、各歯車間の軸間距離は、操舵軸支持部、出力軸支持部及び各軸受が有する寸法誤差、並びに位置決め手段が有する取り付け位置精度の範囲内で一定に保たれる。
- [0015] また、操舵軸及びモータの出力軸は操舵軸支持部及び出力軸支持部に軸受を介して支持されているため、操舵軸及び出力軸の回転により操舵軸支持部又は出力軸支持部等が摩耗することではなく、操舵軸及び出力軸の軸間距離を高精度に保つことができる。
- [0016] 本発明に係る電動パワーステアリング装置の製造方法において、前記位置決め手段は、前記第1ハウジング及び前記第2ハウジング夫々に設けられた2組のピン穴と、該ピン穴に係合する2本のピンとから構成されることを特徴とする。
- [0017] 本発明にあっては、第1ハウジングに第2ハウジングを合わせ、第1及び第2ハウジングに設けられた2組のピン穴に2本のピンを係合させることにより、第1ハウジングに対する第2ハウジングの取り付け位置を所定位置に合わせることが可能となる。該所定位置は2組のピン穴の位置により定まる位置である。前記位置決め手段によれば、単にねじを用いて第2ハウジングを第1ハウジングに取り付ける場合に比べ、より高い位置精度で、第2ハウジングを第1ハウジングに位置合わせすることが可能となる。すなわち、2組のピン穴が有する寸法誤差及び各ピン穴に係合する2本のピンが有する寸法誤差の範囲内で第2ハウジングを第1ハウジングに位置決めすることが可能となる。なお、第1ハウジングに対する第2ハウジングの取り付け位置の位置合わせは、2

次元平面上での位置合わせであるため、2組のピン穴及び2本のピンを用いれば十分である。

- [0018] 本発明に係る電動パワーステアリング装置の製造方法において、前記ピン穴はテーパ穴であり、前記ピンはテーパピンであることを特徴とする。
- [0019] 本発明にあっては、テーパ穴である2組のピン穴に2本のテーパピンを係合させることにより、平行ピン等の他のピンを用いて位置決めする場合に比べ、より高い位置精度で第1ハウジングに第2ハウジングを位置合わせすることが可能となる。
- [0020] 本発明に係る電動パワーステアリング装置の製造方法において、前記出力軸及び前記操舵軸の軸間距離は35mm以上85mm以下であり、前記小歯車は、歯数が6以上15以下、モジュールが0.8以上1.5以下、歯丈がモジュールの2.4倍以下、圧力角が20度以上27度以下、捩れ角が20度以上40度以下であり、前記小歯車及び前記大歯車の一方、又は両方の歯車で、歯車の歯先から歯元にかけて圧力角が増加するよう歯形を形成し、前記小歯車及び前記大歯車の一方、又は両方の歯車において、歯筋方向にクラウニング処理を施したインボリュート歯車を用いたことを特徴とする。
- [0021] 本発明にあっては、上述した諸元寸法により、所定の特殊理論に基づいた歯形を用いることなく、通常の製造工程で製造可能な歯車を用いた場合であってもトロコイド干渉クリアランス、歯先の歯厚、及び歯面応力の適正値を確保することが可能となる。
- [0022] また、歯車の歯先から歯元にかけて圧力角が増加するよう歯形を形成したインボリュート歯車を用いることにより、最大トルク負荷時の歯元応力を軽減することができ、歯車の耐久性を確保することが可能となる。
- [0023] 更に、歯筋方向にクラウニング処理を施したインボリュートはすば歯車を用いることから、歯面応力が緩和される。これにより、定格負荷条件下での連続運転を行う場合であっても、歯車の耐久性を確保することが可能となる。

発明の効果

- [0024] 本発明にあっては、電動パワーステアリング装置の組み立て工程において、歯車の設計により想定される歯車強度及び適度なバックラッシュを確保することが可能となり、

電動パワーステアリング装置を長期間使用した場合であっても、前記歯車強度及び適度なパックラッジを維持することが可能となる。

- [0025] また、本発明にあっては、第2ハウジングを第1ハウジングに、高い取り付け位置精度で簡易に取り付けることが可能となる。
- [0026] 更に、本発明にあっては、大歯車及び小歯車を小型なものとし、且つ実用に供し得る歯車強度を長期間確保することが可能となる。
- [0027] また更に、本発明にあっては、平行ピン等を用いて第2ハウジングを第1ハウジングに位置決めする場合に比べ、より高い位置精度で第2ハウジングを第1ハウジングに取り付けることが可能となる。
- [0028] また更に、上述した諸元寸法により、所定の特殊理論に基づいた歯形を用いることなく、トロコイド干渉クリアランス、歯先の歯厚、及び歯面応力の適正值を確保することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0029] [図1]車両側面方向から見た本発明に係る方法により製造される電動パワーステアリング装置の要部を模式的に示した断面図である。
- [図2]車両側面方向から見た本発明に係る方法により製造される電動パワーステアリング装置の要部を模式的に示した分解斜視図である。
- [図3]第1ハウジング及び第2ハウジング夫々に操舵軸支持部及び出力軸支持部を設ける工程を模式的に示す要部断面図である。
- [図4]操舵軸支持部及び出力軸支持部に軸受を介して操舵軸及び出力軸を支持させる工程を模式的に示す要部断面図である。
- [図5]位置決め手段により、所定位置に第2ハウジングを第1ハウジングに合わせ、取り付ける工程を模式的に示す要部断面図である。
- [図6]小歯車の歯数と小歯車のモジュールとの関係を示す図である。
- [図7]小歯車の圧力角とトロコイド干渉クリアランス、及び歯先の歯厚との関係を示す図である。
- [図8]小歯車の歯丈に対する歯面応力及び歯先の歯厚の関係を示す図である。
- [図9]本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置に使用する歯車の歯

面形状の説明図である。

符号の説明

- [0030] 1 第1ハウジング
2 第2ハウジング
3 操舵軸
4 出力軸
5a, 5b ピン(位置決め手段)
7, 8, 9a, 9b 軸受
10, 20 操舵軸支持部
11, 21 出力軸支持部
12a, 12b ピン穴(位置決め手段)
22a, 22b ピン穴(位置決め手段)
30 大歯車
33 ステアリングホイール
40 小歯車
41 モータ
h 歯丈
m モジュール
L 軸間距離
Z 歯数
 α 圧力角
 β 摆れ角

発明を実施するための最良の形態

- [0031] (実施の形態1)

以下に、本発明を、その実施の形態を示す図面に基づいて詳述する。

- [0032] 図1及び図2は、車両側面方向から見た本発明に係る方法により製造される電動パワーステアリング装置の要部を模式的に示した断面図及び分解斜視図である。図中3は外周に大歯車30が圧入されている筒状の操舵軸であり、操舵軸3はその軸方向

が上下方向となるように第1ハウジング1及び第2ハウジング2内に回転可能に収容されている。操舵軸3は、操舵軸3に内嵌固定されている弾性体のトーションバー31を介して、上方にステアリングホイール33を備えるコラム軸32に繋がっている。また、操舵軸3は、下端部にユニバーサルジョイント(不図示)を備えており、ユニバーサルジョイントを介して、例えばラックピニオン式の舵取機構に繋がっている。大歯車30は平歯車であり、モータ41の出力軸4に設けられた平歯車である小歯車40に、平行的に噛合し、出力軸4が操舵軸3に略平行となるように第1ハウジング1及び第2ハウジング2内に回転可能に収容されている。出力軸4を備えるモータ41本体は第1ハウジング1に取り付けられている。第1及び第2ハウジング1、2夫々には、操舵軸3を支持する操舵軸支持部10、20及び出力軸4を支持する出力軸支持部11、21が設けられており、操舵軸3及び出力軸4は、転がり軸受等の軸受7、8、9a、9bを介して、操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21に支持される。

- [0033] 第2ハウジング2は、位置決め手段により、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を所定位置に位置決めされ、取り付けられている。本実施の形態においては、第1ハウジング1及び第2ハウジング2夫々に設けられた2組のピン穴12a、22a、12b、22bに2本のピン5a、5bを係合させることにより第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を所定位置に合わせている(図2を参照)。すなわち、第1ハウジング1に設けられた一方のピン穴12aと、第2ハウジング2に設けられた、ピン穴12aに対応するピン穴22aとを合わせ、1組のピン穴12a、22aに1本のピン5aを係合することにより、一点が位置決めされる。更に、第1ハウジング1に設けられた他方のピン穴12bと、第2ハウジング2に設けられた、ピン穴12bに対応するピン穴22bとを合わせ、1組のピン穴12b、22bに一本のピン5bを係合することにより、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置が所定位置に合わせられる。
- [0034] このように構成される電動パワーステアリング装置においては、運転者の操舵によるステアリングホイール33の回転が、操舵軸3を介して、舵取機構に伝達され、車両が操向される。一方、モータ41の回転は小歯車40及び大歯車30を介して操舵軸3の回転運動として減速伝達され、伝達されたモータ41の駆動力によって運転者の操舵が補助される。

[0035] 次に、本発明に係る電動パワーステアリング装置の製造方法を説明する。

図3は、第1ハウジング1及び第2ハウジング2夫々に操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21を設ける工程を模式的に示す要部断面図である。下図は上図のIII-III線断面図である。

[0036] まず、位置決め手段により第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を所定位置に合わせた状態で、第1ハウジング1に第2ハウジング2をねじ6等を用いて取り付ける(図2参照)。そして、第1ハウジング1に第2ハウジング2を取り付けた状態で、第1及び第2ハウジング1、2夫々に筒状の操舵軸支持部10、20、及び筒状の出力軸支持部11、21を加工形成する。

[0037] より具体的には、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置の位置決めは、2本のピン5a、5b(位置決め手段)及び2組のピン穴12a、22a、12b、22b(位置決め手段)を用いて行う。すなわち、第1ハウジング1及び第2ハウジング2夫々に設けられたテーパ穴等の2組のピン穴12a、22a、12b、22bにテーパピン等の2本のピン5a、5bを係合させることにより、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を各ピン5a、5b及び各ピン穴12a、22a、12b、22bにより定まる所定位置に合わせる。次に、第1及び第2ハウジング1、2に操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21を設けるために、第2ハウジング2を第1ハウジング1にねじ6等を用いて取り付け、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を所定位置に合わせた状態において、操舵軸3を軸受7を介して第1ハウジング1に支持させるための操舵軸支持部10と、操舵軸3を軸受8を介して第2ハウジング2に支持させるための操舵軸支持部20とを夫々第1ハウジング1及び第2ハウジング2に、一工程で加工形成し、また同様に、出力軸4を軸受9aを介して第1ハウジング1に支持させるための出力軸支持部11と、出力軸4を軸受9bを介して第2ハウジング2に支持させるための出力軸支持部21とを夫々第1ハウジング1及び第2ハウジング2に、一工程で加工形成する。

[0038] なお、2組のピン穴12a、22a、12b、22bは、第1ハウジング1に第2ハウジング2を適当な位置に合わせ、ねじ6等を用いて一旦固定し、固定した状態で第1及び第2ハウジング1、2にドリル等を用いて穴をあけることにより形成される。

- [0039] なお、第1ハウジング1の操舵軸支持部10は、操舵軸3を支持する軸受7が取り付けられる筒状部分であり、第2ハウジング2の操舵軸支持部20は、操舵軸3を支持する軸受8が取り付けられる筒状部分である。第1ハウジング1の出力軸支持部11は、出力軸4を支持する軸受9aが取り付けられる筒状部分であり、第2ハウジング2の出力軸支持部21は、出力軸4を支持する軸受9bが取り付けられる筒状部分である。
- [0040] 図4は、操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21に軸受7、8、9a、9bを介して操舵軸3及び出力軸4を支持させる工程を模式的に示す要部断面図である。下図は上図のIV-IV線断面図である。
- [0041] まず、操舵軸3及び出力軸4を第1及び第2ハウジング1、2内に収容するために、2本のピン5a、5b及びねじ6を外し、第2ハウジング2を第1ハウジング1から一旦取り外す。そして、操舵軸3及び出力軸4を軸受7、8、9a、9bを介して操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21に支持させ、第1ハウジング1及び第2ハウジング2内に収容する。
- [0042] 具体的には、出力軸4の根元と端部とに2つの軸受9a、9bを圧入し、モータ41本体を第1ハウジング1に取り付ける。同様に、操舵軸3に大歯車30と大歯車30を挟むように2つの軸受7、8とを圧入し、操舵軸3を第1ハウジング1に収容する。収容後、第1ハウジング1に第2ハウジング2を合わせることにより、操舵軸3は、軸受7を介して第1ハウジング1の操舵軸支持部10に支持され、軸受8を介して第2ハウジング2の操舵軸支持部20に支持される。同様に、出力軸4は、軸受9aを介して第1ハウジング1の出力軸支持部11に支持され、軸受9bを介して第2ハウジング2の出力軸支持部21に支持される。
- [0043] なお、操舵軸3及び出力軸4を操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21に支持させる時に、軸受7、8、9a、9bに予圧を軸方向に加え、軸受7、8、9a、9bの内部すきまを負のラジアル内部すきまにすると良い。これにより、操舵軸3及び出力軸4と軸受7、8、9a、9bとが有するがた付きを除くことができる。
- [0044] 図5は、位置決め手段により、所定位置に第2ハウジング2を第1ハウジング1に合わせ、取り付ける工程を模式的に示す要部断面図である。下図は上図のV-V線断面図である。

第1ハウジング1に第2ハウジング2を合わせ、第1及び第2ハウジング1、2に設けられた2組のピン穴12a、22a、12b、22bに2本のピン5a、5bを係合させることにより、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を所定位置に定める。この所定位置は、操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21を設ける際に第1ハウジング1に第2ハウジング2を取り付けた所定位置と同じである。この状態で、第1ハウジング1に第2ハウジング2をねじ6等を用いて取り付ける(図2参照)。また、あわせてモータ41本体を第1ハウジング1にねじ(不図示)などを用いて収容する。

- [0045] この方法により製造される電動パワーステアリング装置にあっては、第1ハウジング1に第2ハウジング2を所定位置に合わせ、取り付けた状態で操舵軸支持部10、20及び出力軸支持部11、21が加工されており、一旦第2ハウジング2を第1ハウジング1から取り外し、操舵軸3及び出力軸4を第1及び第2ハウジング1、2に収容後、再び第1ハウジング1に第2ハウジング2を前記所定位置に合わせ、取り付けるため、操舵軸3及び出力軸4の軸間距離、すなわち大歯車30及び小歯車40の軸間距離は各支持部10、20、11、21及び軸受7、8、9a、9bが有する寸法誤差の範囲内で一定となる。斯くして、歯車の設計により想定される歯車強度及び適度なバックラッシュを確保することが可能となる。
- [0046] また、本実施の形態にあっては、操舵軸3及び出力軸4は、軸受7、8、9a、9bを介して操舵軸支持部10、20、及び出力軸支持部11、21に支持されているため、電動パワーステアリング装置を長期間使用した場合であっても、前記歯車強度及びバックラッシュを確保することが可能となる。
- [0047] 更に、本実施の形態にあっては、第1及び第2ハウジング1、2夫々に設けた2組のピン穴12a、22a、12b、22bに2本のピン5a、5bを係合させることにより、第2ハウジング2に対する第1ハウジング1の取り付け位置を位置決めするため、簡易で且つ高い位置精度で位置決めすることが可能となる。つまり、2組のピン穴12a、22a、12b、22b及び2本のピン5a、5bが有する寸法誤差の範囲内で、第1ハウジング1に対する第2ハウジング2の取り付け位置を所定位置に合わせることが可能となる。これにより小歯車40及び大歯車30の軸間距離を高い位置精度で一定にすることが可能となる。

- [0048] また更に、本実施の形態にあっては、2組のピン穴12a、22a、12b、22bとしてテーパ穴を、2本のピン5a、5bとしてテーパピンを用いているため、2組のピン穴12a、22a、12b、22b及び2本のピン5a、5bが有する寸法誤差に左右されることなく、所定位に第2ハウジング2を第1ハウジング1に位置決めすることが可能となる。
- [0049] なお、本実施の形態にあっては、2組のピン穴及び2本のピンとしてはテーパ穴及びテーパピンを用いたが、言うまでもなく2組のピン穴及び2本のピンはこれに限るものではなく、平行穴及び平行ピン等を用いても良い。この場合、平行穴及び平行ピンのはめあいは中間ばめにすると良い。中間ばめにすることにより、すきまばめに比べ高い位置精度で位置決めを行うことができる。
- [0050] 更に、本実施の形態にあっては、通常の円筒穴である軸受を用いたが、これに限らずテーパ穴軸受を用いても良い。テーパ穴軸受を用いた場合、より正確な位置に操舵軸及び出力軸を操舵軸支持部及び出力軸支持部に支持させることができる。
- [0051] (実施の形態2)
- 電動パワーステアリング装置において、1組の歯車を用いて操舵補助に必要な減速比を保ちつつ、大歯車を可能な限り小型化し、且つ実用に供し得る歯車強度を確保することが可能となるはすば歯車について説明する。大歯車及び小歯車以外の構成、及び製造方法は実施の形態1と同様である。
- [0052] 電動パワーステアリング装置は、操舵軸3に設けられた大歯車と、モータ41の出力軸4に設けられた小歯車140とを備えており、大歯車及び小歯車140は、平歯車、又は、はすば歯車によって構成される。平歯車、又は、はすば歯車を用いることにより、モータ41を操舵軸3と略平行となるよう配置することができる。しかし、操舵軸3とモータ41の出力軸4との軸間距離Lに応じて、モータ41の外形寸法にレイアウト上の物理的な制約が生じる。例えば、レイアウト上の制約より、モータ41の最大許容外形寸法は、直径80mm、高さ95mmとなる。この場合、操舵軸周りの操舵補助トルクとして35Nm以上の回転トルクを確保するため、定格トルクを4Nm、軸間距離Lを55mmとして、減速比Nは10前後に設定される。
- [0053] 図6は、操舵軸3とモータ41の出力軸4との軸間距離Lを55mm、減速比Nを10、捩れ角 β を25度とした場合の、小歯車140の歯数Zと小歯車140のモジュールmと

の関係を示す図である。小歯車140のピッチ円の直径d(=Z×m)は8～10mm程度であるが、歯数が極端に多い、又は極端に少ない状況を回避すべく、歯数Zは6以上15以下、モジュールmは0.8以上1.5以下が実用に耐える範囲である。

- [0054] 次に、歯車の製造誤差と、定格負荷運転を実施する場合の歯車の歯の弾性変形量を考慮し、トロコイド干渉クリアランス、歯先の歯厚を適正值とすべく圧力角 α を選定する。図7は、軸間距離Lが54.7mm、歯数Zが10、モジュールmが0.95であり、歯丈hがモジュールmの2.25倍である場合の、小歯車140の圧力角 α とトロコイド干渉クリアランス、及び歯先の歯厚との関係を示す図である。図7で丸印はトロコイド干渉クリアランスを、四角印は歯先の歯厚をモジュール値で除算した値を、夫々示す。
- [0055] トロコイド干渉が発生するのを回避するためには、トロコイド干渉クリアランスは0.2mm以上必要である。図7に示すように、圧力角 α がJIS(日本工業規格)で標準値として定められている20度以上で35度以下である場合には、トロコイド干渉クリアランスは圧力角 α が23度以上の領域で0.2mm以上にあるので、トロコイド干渉は発生しない。一方、歯先強度を確保するためには、歯先の歯厚はモジュールmの0.3倍以上必要である。図7に示すように、歯先の歯厚がモジュールmの0.3倍以上であるためには、圧力角 α は27度以下とする必要がある。なお、捩れ角 β は0度以上40度以下が実用域である。
- [0056] また、小歯車140及び大歯車の材質として鋼材を用いる場合、補助回転トルクにより生じる小歯車140の歯に垂直な方向の負荷 P_n に対する歯面応力 σ_s は、(数1)を用いて近似的に求めることができる。
- [0057] [数1]

$$\sigma_s^2 = 0.35 \cdot E \cdot P_n \left[\frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} \right] \frac{\cos^2 \beta_g}{\varepsilon_s \cdot b \cdot d_b \cdot \sin \alpha_b}$$

- [0058] なお、(数1)において、Eは歯車の材料(本実施の形態では鋼材)の縦弾性係数を、 ε_s は歯車の正面噛合い率を、bは小歯車140の歯幅を、dbは小歯車140の噛合いピッチ円直径を、 α_b は小歯車140の噛合い圧力角を、 β_g は小歯車140の基礎

円筒捩れ角を、 Z_1 は小歯車140の歯数を、 Z_2 は大歯車の歯数を、それぞれ示している。

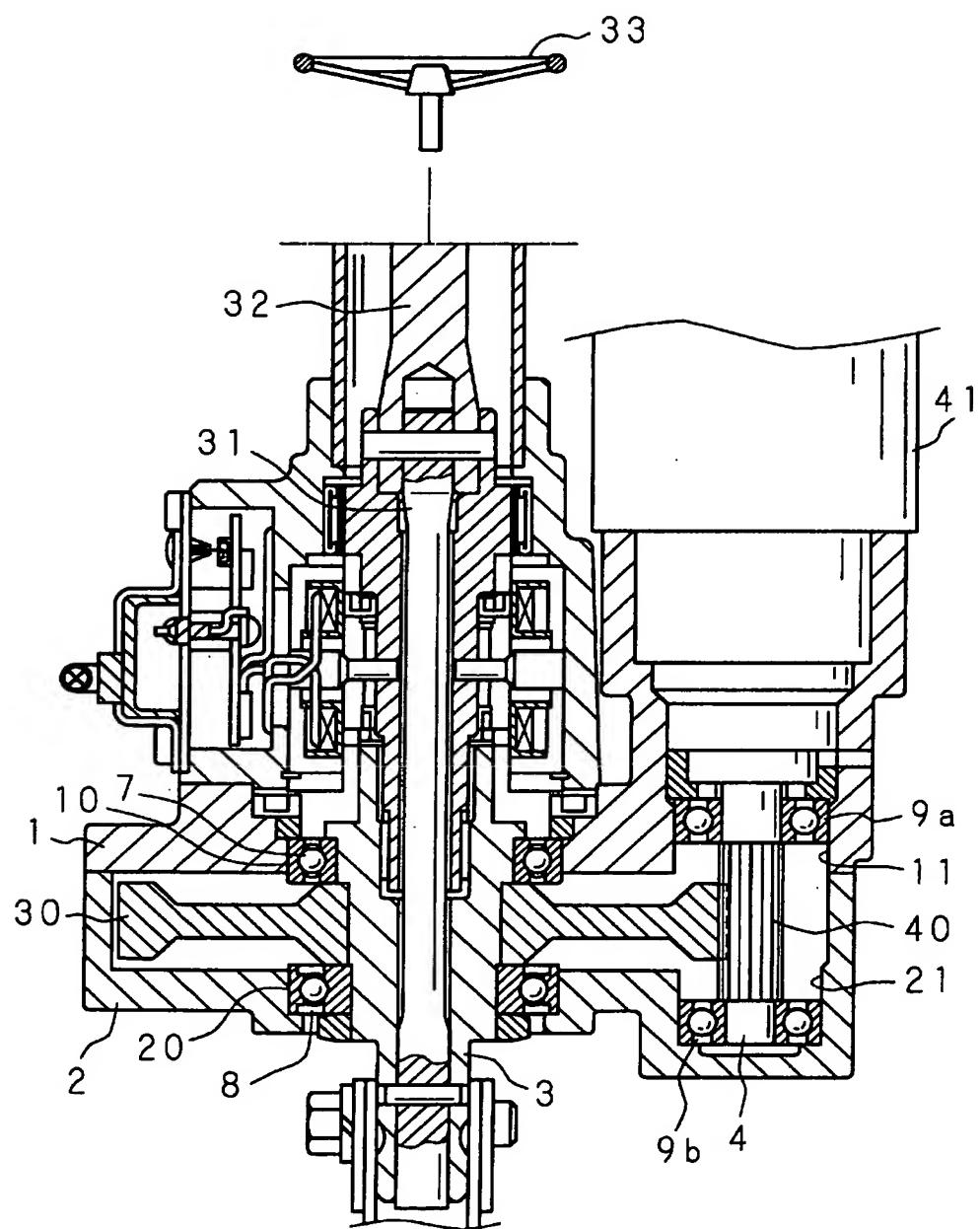
- [0059] 図8は、(数1)で、 E を206000N/mm²、 P_n を946N、 b を14mm、 Z_1 を10、 Z_2 を97、 m を0.95、圧力角 α を25度、捩れ角 β を25度、 d_b を10.225mm、 α_b を25.063度、 β_g を21.631度とした場合の、小歯車140の歯丈 h に対する歯面応力 σ_s 及び歯先の歯厚の関係を示す図である。図8で丸印は歯面応力を、四角印は歯先の歯厚をモジュール値で除算した値を、夫々示す。
- [0060] 歯面応力 σ_s の目標値を、自動車の動力伝達系歯車の設計上の閾値1760N/m²以下とし、歯先の歯厚の目標値を、モジュール m の0.3倍以上とした場合、図8からも明らかなように、歯丈 h をモジュール m の2.4倍以下とした場合に、両方の条件を同時に満たすことができる。
- [0061] 図9は、本発明の実施の形態に係る電動パワーステアリング装置に使用する歯車の歯面形状の説明図である。歯元強度の低下を補うため、大歯車もしくは小歯車140のいずれか、又は一対の歯車の双方の歯面形状を図9に示す形態で形成する。図9では、小歯車140の歯面を縦横にメッシュ分割して示す。歯形方向は、歯元の圧力角が歯先の圧力角よりも大きくなるよう負の圧力角誤差を設け、相互の噛合い応力が増加する方向に、すなわち中央部分が凸となるよう歯面形状を形成する。また歯筋方向にはクラウニング処理を施し、歯筋方向にも中央部分が凸となるよう歯面形状を形成する。
- [0062] 斯かる歯面形状とすることで、小歯車140の歯面における接触応力の分布を、歯形方向及び歯筋方向に均等化することができ、歯面の偏磨耗を防止して歯元強度の不足を補い、耐久性の向上に寄与することができる。
- [0063] また、小歯車140及び大歯車を、実施の形態1で示した製造方法により取り付けることにより、大歯車及び小歯車140の軸間距離を高い精度で一定に保つことができ、歯車の設計において想定される歯車強度を確保することができる。
- [0064] 小歯車140及び大歯車以外の構成及び作用効果は実施の形態1と同様であるため、同様の部品については同じ符号を付し、その詳細な説明及び作用効果の説明を省略する。

請求の範囲

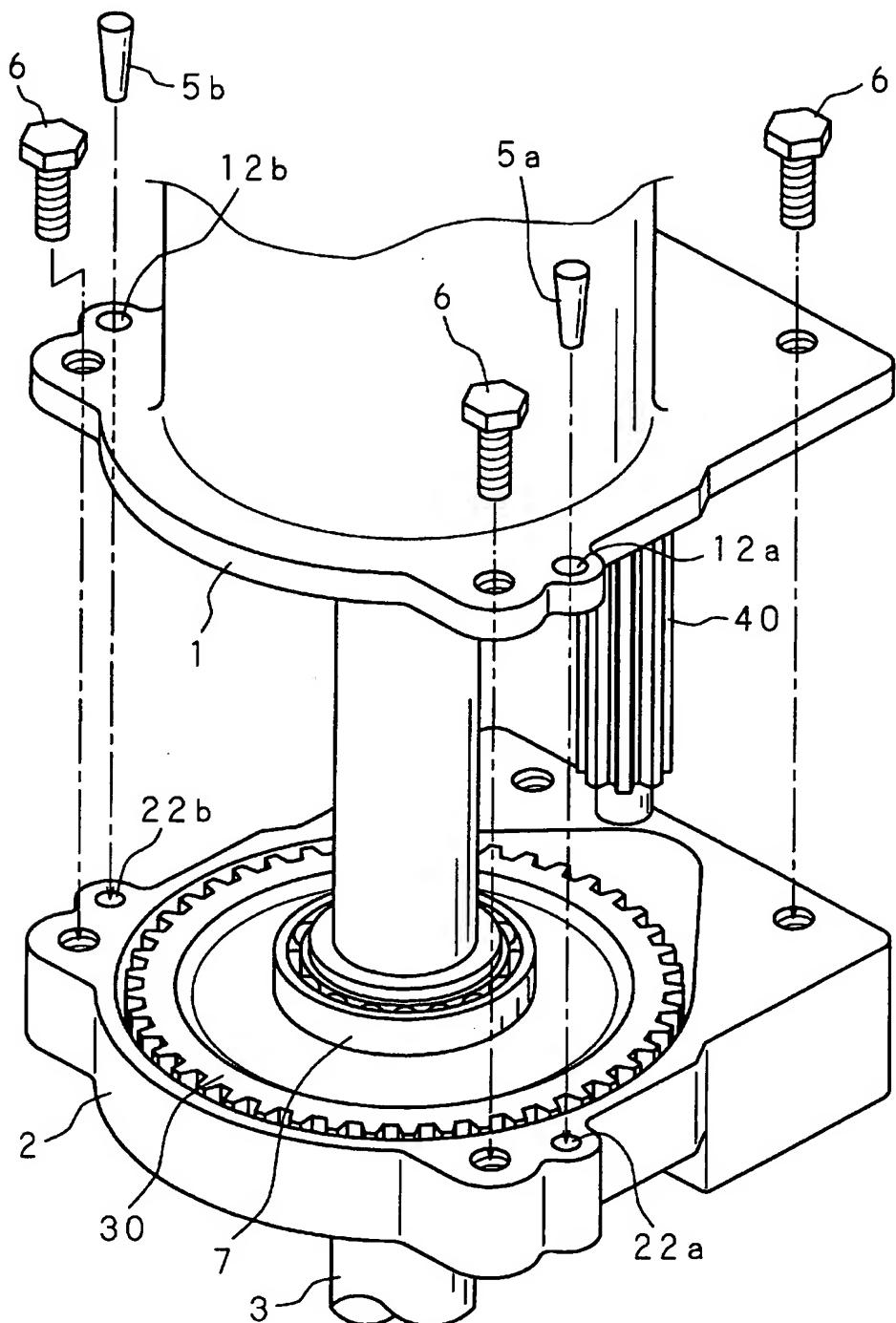
- [1] モータの駆動力を、該モータの出力軸に設けられた小歯車及び該小歯車に噛合する大歯車を介して、該大歯車を設けた操舵軸に伝達することにより操舵補助を行い、前記操舵軸及び前記出力軸を収容する第1及び第2ハウジングを備え、該第2ハウジングは前記第1ハウジングに取り付けられている電動パワーステアリング装置の製造方法において、
- 前記第1ハウジングに対する前記第2ハウジングの取り付け位置を所定位置に合わせる位置決め手段により前記所定位置に合わせた状態で前記第1ハウジングに前記第2ハウジングを仮に取り付け、
- 前記第1ハウジング及び前記第2ハウジング夫々に前記操舵軸を支持する操舵軸支持部及び前記出力軸を前記操舵軸に略平行に支持する出力軸支持部を設け、
- 前記第1ハウジングから前記第2ハウジングを取り外し、
- 前記操舵軸支持部及び前記出力軸支持部に前記操舵軸及び前記出力軸を軸受を介装して支持させ、
- 前記位置決め手段により前記所定位置に合わせて前記第1ハウジングに前記第2ハウジングを取り付けることを特徴とする電動パワーステアリング装置の製造方法。
- [2] 前記位置決め手段は、前記第1ハウジング及び前記第2ハウジング夫々に設けられた2組のピン穴と、該ピン穴に係合する2本のピンとから構成される請求項1に記載の電動パワーステアリング装置の製造方法。
- [3] 前記ピン穴はテーパ穴であり、前記ピンはテーパピンであることを特徴とする請求項2に記載の電動パワーステアリング装置の製造方法。
- [4] 前記出力軸及び前記操舵軸の軸間距離は35mm以上85mm以下であり、前記小歯車は、歯数が6以上15以下、モジュールが0.8以上1.5以下、歯丈がモジュールの2.4倍以下、圧力角が20度以上27度以下、捩れ角が20度以上40度以下であり、
- 前記小歯車及び前記大歯車の一方、又は両方の歯車で、歯車の歯先から歯元にかけて圧力角が増加するよう歯形を形成し、前記小歯車及び前記大歯車の一方、又は両方の歯車において、歯筋方向にクラウニング処理を施したインボリュート歯車を

用いた請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置の製造方法。

[図1]

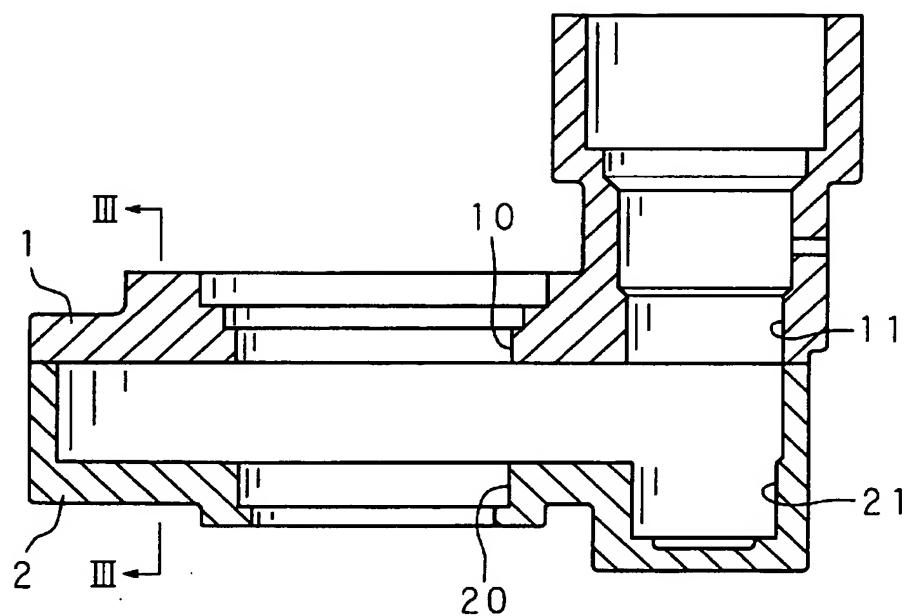


[図2]

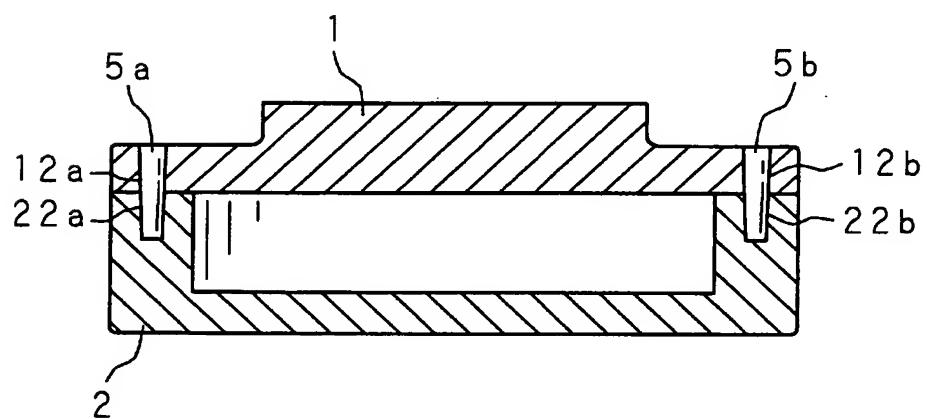


[図3]

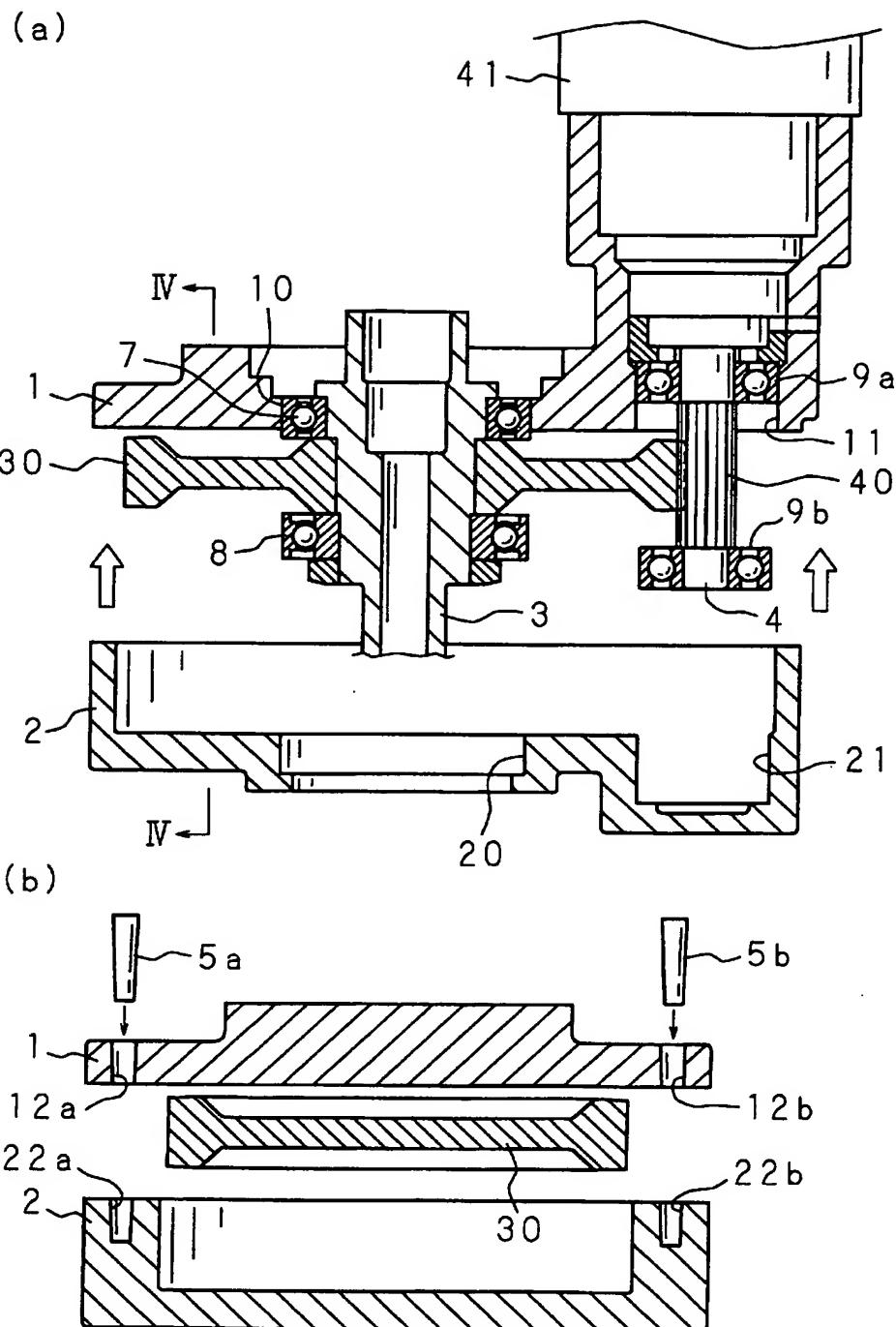
(a)



(b)

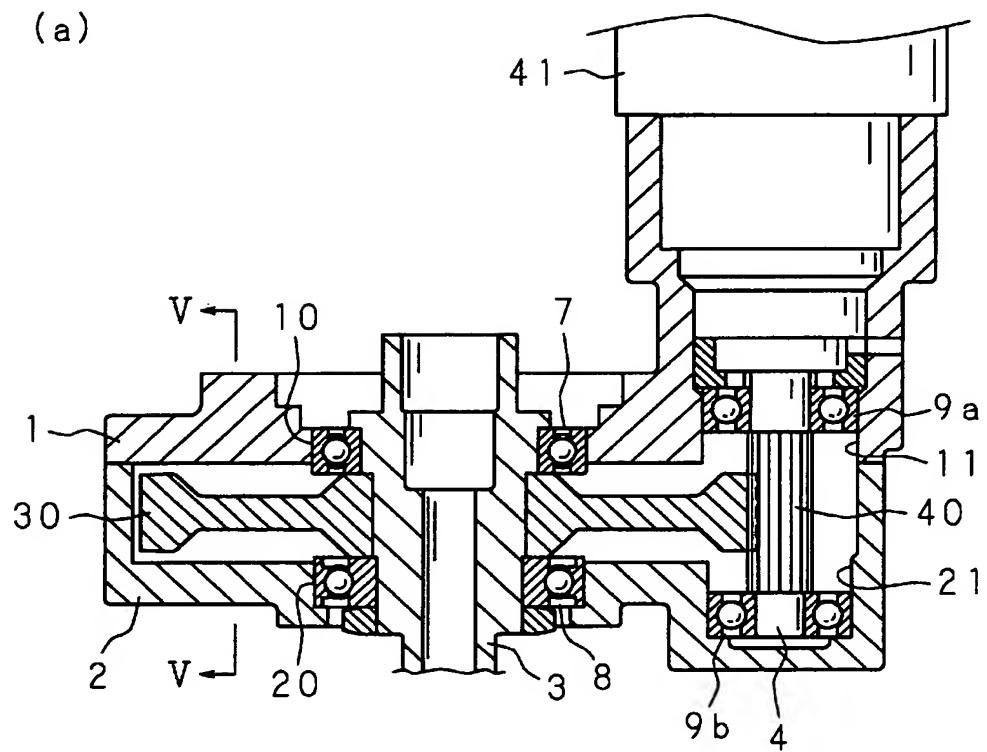


[図4]

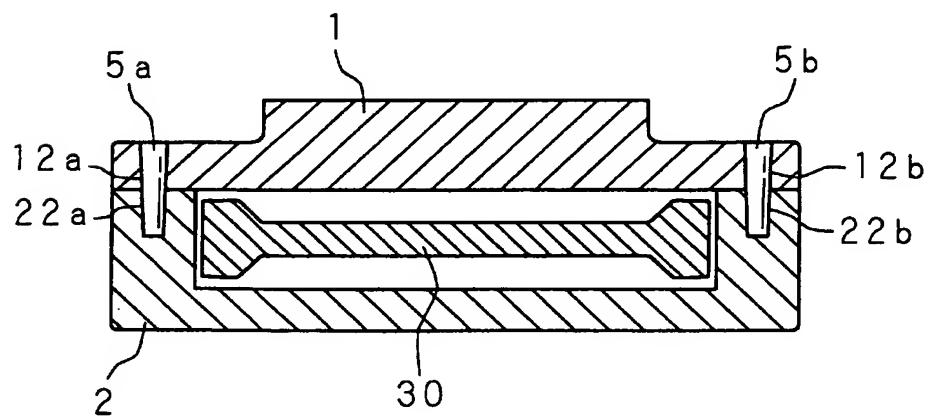


[図5]

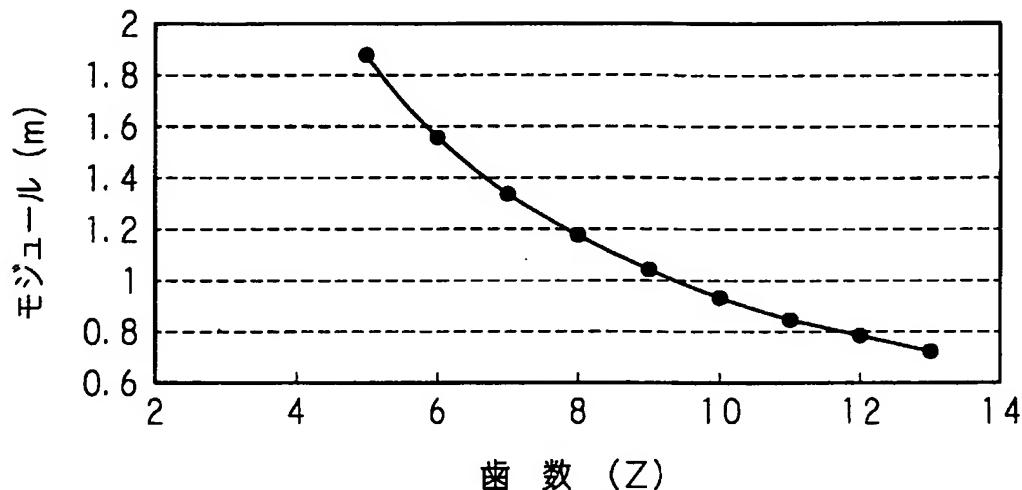
(a)



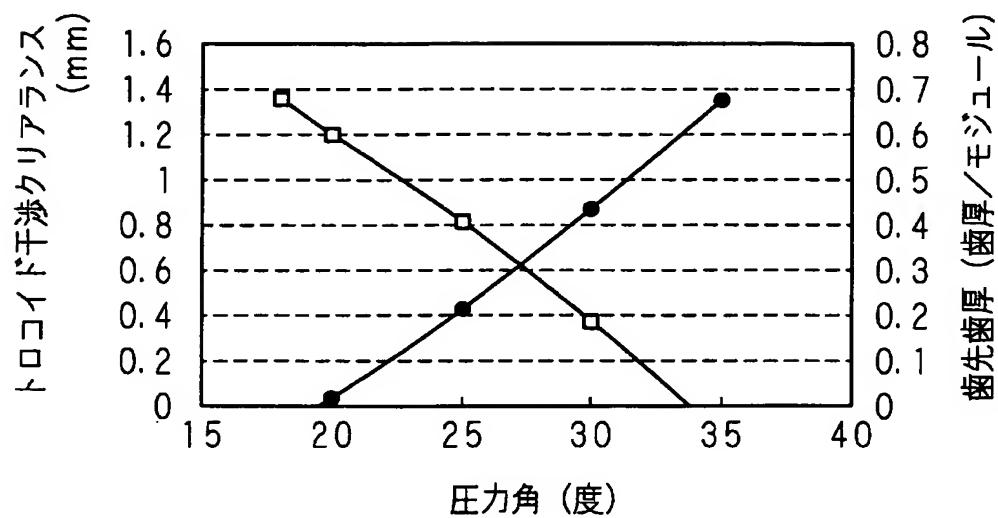
(b)



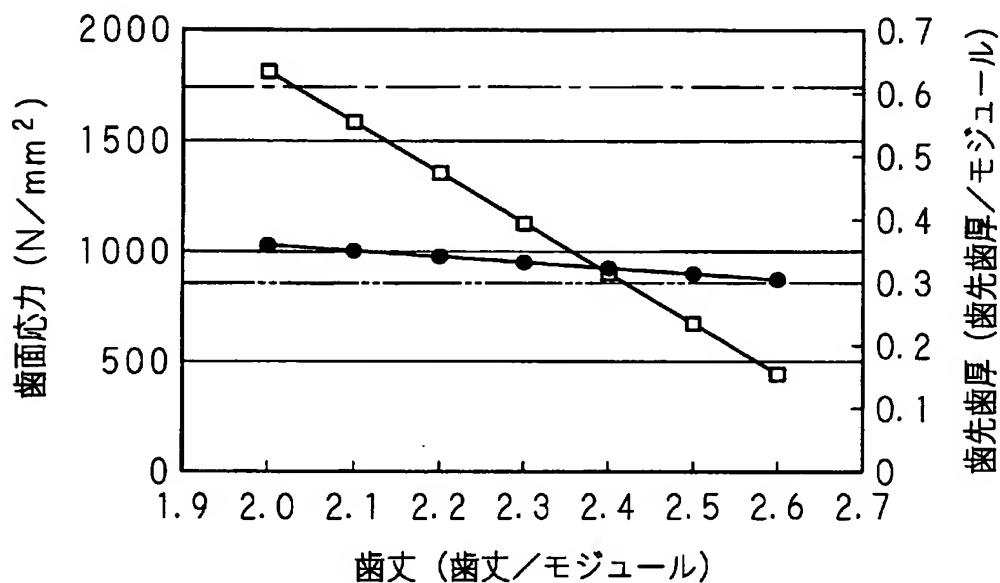
[図6]



[図7]



[図8]



[図9]

